

VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A048

Estudio acústico del Cine Club Sala Fundadores

Andrés Serrato Higuera (a)
Andrés Villamil Suescun (a)
Alexander Rodríguez Ospina (a)
Asesores: C.S.P. Manuel Joves, Ing. Juan Pablo Chaparro, Arq. Johann Núñez .
Revisión de estilo: C.S.P. Patrica Carreño Moreno

(a) Universidad de San Buenaventura, Facultad de ingenieria, programa de ingenieria de sonido Carrera 8 H # 172 - 20, Colombia. E-mail: andresonido@msn.com

Abstract

In 2004 this research group contacted the directives of the central university to advance a study noise in Sala fundadores on the street 22 No. 5-91 in downtown Bogota. Since then began searching for information both historical and acoustic enclosure, as this was built in 50 years and was one of the most important cultural centers of the city.

Resumen

En el año 2004 este grupo de investigación se puso en contacto con las directivas de la universidad central para adelantar un estudio acústico en la sala fundadores ubicado en la calle 22 No 5-91 en el centro de la ciudad de Bogotá. A partir de ese momento comenzó la búsqueda de información tanto histórica como acústica del recinto, ya que este fue construido en los años 50 y era uno de los centros culturales más importantes de la ciudad.

1 Introducción

Este equipo de trabajo encontró que el recinto antes llamado TEATRO AZTECA, una vez construido paso a manos de la compañía PELMEX (película mexicana) y era utilizado para el estreno de grandes películas de ese país, pero con el auge del VHS y la construcción de nuevas salas de cine este centro cultural perdió importancia y cayó en el olvido durante casi una década. Para los años 90 la universidad central se encargó de recuperar esta sala y ponerla de nuevo al servicio del público así nació el cine club SALA FUNDADORES el cual comenzó a funcionar como un espacio dedicado al cine arte y a otros eventos culturales.

2 Desarrollo ingenieril

2.1 Datos del recinto

2.1.1 Volumen de la sala

Por medio de las medidas tomadas en el lugar y los planos correspondientes realizados en el programa Autocad, se obtuvo el valor del volumen total del recinto y el área de cada una de las superficies que reciben las ondas sonoras. El valor del volumen del recinto es de: 1.491,47 m³

2.1.2 Número y tipo de asientos

La sala tiene 271 asientos, cada uno de 0.53 m de altura y una superficie total de 0.954 m2, con soporte de cuatro patas, un espaldar. El material del que están hechos es madera acolchada cubierta con tela, con algunas partes metálicas en su interior.

2.1.3 Descripción de la forma y materiales del recinto

Los muros del auditorio tienen espesor de 25cm, presentan acabado en pañete de cemento, y están recubiertos por una cortina de tela. Los muros laterales, tienen madera en su parte inferior, y en la superior cortinas. El recinto es de forma rectangular en la mayoría de sus lados, pero presenta una leve curvatura en uno de sus costados, está construido como la mayoría de auditorios en forma ascendente.

2.1.4 Planos

Debido a la escasa información en materia de planos, se elaboraron los planos de planta y cortes necesarios para calcular m² de materiales y m³ del volumen del recinto con auxilio de Autocad.

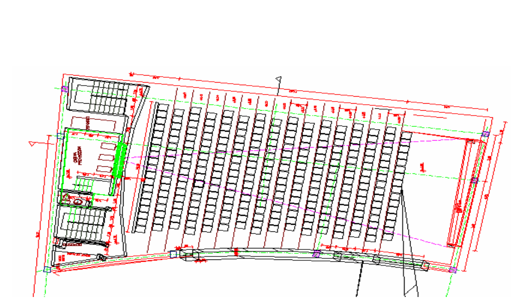


Figura 1. Vista en planta del recinto.

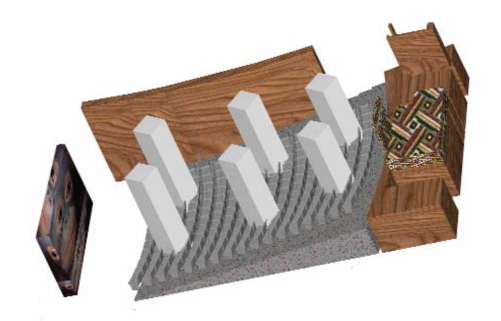


Figura 2. Puntos de medición

2.2 Informe de medición

2.2.1 Puntos de medición

Se estableció una cantidad de puntos de medición tal, que permita el mapeo del recinto. Según la norma IRAM 4063-4:2002, se deben tomar como mínimo 5 puntos distribuidos uniformemente a lo lardo del espacio útil del recinto. La distancia mínima entre posiciones de micrófono es de 0.7m, de 0.5m entre cualquier posición del micrófono y los difusores o bordes del recinto y de 1m entre cualquier posición del micrófono y la fuente sonora (figura 2).

2.3 Aislamiento teórico

Se realizo el cálculo teórico del aislamiento en el interior de la sala considerando de los materiales y sus características. Utilizando la fórmula para hallar TL total obtuvimos los siguientes valores:

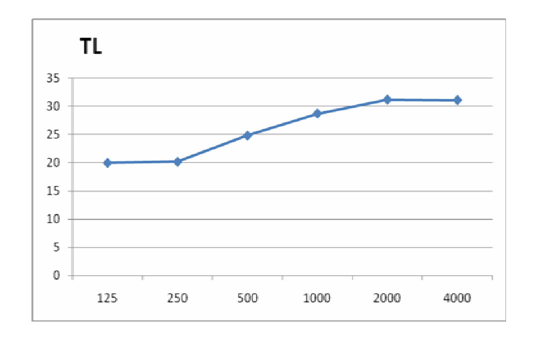


Figura 3. Tl total en el recinto

2.4 Ruido al exterior del recinto

Se realizo una medición del ruido que se presenta al exterior del recinto con datos tales como Leq para lograr un estimado del ruido presente que pudiera interferir en las labores cotidianas del recinto.

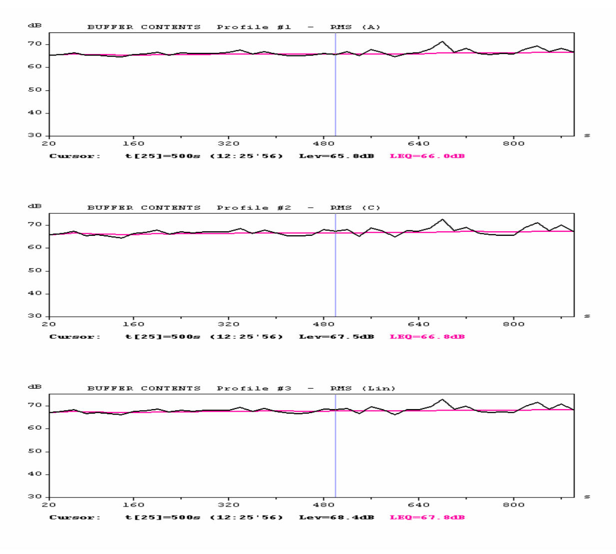


Figura 4. Medición de Leq

2.5 Ruido al interior del recinto

Con la utilización del sonómetro svan 943 A se procedió a medir el ruido presente en el recinto, se midió en las horas de la tarde ya que a esta hora es cuando el recinto está abierto al público y en las calles aledañas es cuando más tráfico se presenta. Se procedió a medir en las posiciones de fuente aclaradas en el punto 2.2.1 y se realizo por espacio de 15 minutos en cada fuente. Los datos obtenidos son:

Tabla 1. Resultados de la medición

	63	125	250	500	1K	2K	4K
Posición 1	52,3	52,9	50,2	47,2	45,4	44,2	41,2
Posición 2	53,4	52,5	49,9	47,5	45,3	44,5	41,9
Posición 3	55,2	51,8	50,6	48,2	46,1	45,1	42,1
Posición 4	56,5	53,5	51,2	48,9	47,3	45,9	42,3
Posición 5	57,5	54,2	52,6	50,1	47,8	46,9	43,4
Posición 6	58,1	55,6	53,4	50,9	47,2	46,3	43,5

63	125	250	500	1K	2K	4K
55,5	53,41	51,31	48,8	46,51	45,483	42,4

Como puede verse en la tabla el ruido que proviene de la calle y los recintos aledaños supera en su mayoría los 45 dB, así mismo se puede concluir que el ruido que mayor afecta al recinto es aquel que proviene de las entradas laterales al recinto (posición 5 y 6) ya que por estas entradas se comunica el recinto directo a la calle 22 del centro de Bogotá, por la cual transita transporte público y privado durante las horas de funcionamiento del recinto.

2.6 Calculo teórico del tiempo de reverberación

Se utilizo la formula de Millington y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 2. Materiales y coeficientes de absorción

1										
2	TABLA DE SUPERFICIES Y COEF. DE ABSORCION				COEFICIENTES DE ABSORCION					
3	tipo de superficie	cantidad	área (m2)	área total (M2)	125	250	500	1000	2000	4000
4										
5	cortina	1	129	129	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
6		1	32	32	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
7		1	12,24	12,24	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
8		1	15,47	15,47	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
9		1	10,32	10,32	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
10		1	10,3	10,3	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
11		1	3,4	3,4	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
12		1	4,11	4,11	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
13		1	18,75	18,75	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
14		1	13,5	13,5	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
15		1	31,5	31,5	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
16		1	14,35	14,35	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
17		1	12,72	12,72	0,08	0,29	0,44	0,5	0,4	0,35
18	techo	1	35,4	35,4	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
19		1	122.4	122.4	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
20		1	98,4	98,4	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
21		1	23,76	23,76	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
22	platea(alfombra)	1	213,834	213,834	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
23	silla tela	216	0,8	172,8	0,09	0,12	0,14	0,16	0,15	0,16
24	pantalla	1	47,2	47,2	0,04	0,2	0,35	0,3	0,32	0,37
25	vidrio	1	3	3	0,035	0,04	0,027	0,03	0,02	0,02
26	puerta	2	3,5	7	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
27										
28	totales	236	730,054	902,054						

Tabla 3. Tiempo de reverberación

TIEMPO DE REVERBERACION						
125	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	
1,38	0,69	0,43	0,350	0,408	0,4350	
RT PROMEDIO				0,617817801		

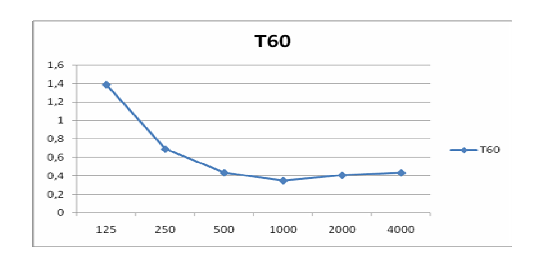


Figura 5. Tiempo de reverberación

2.7 Verificación del tiempo de reverberación por medio de mediciones

Para esta medición se colocó la fuente en tres posiciones: una en la parte frontal del auditorio, otra en la parte izquierda y otra a la derecha. Para lograr excitar el recinto de manera adecuada, tener una buena medición del tiempo de reverberación y para que los datos sean acordes con la realidad, se eligió una señal de impulso unitario. Esta fue generada por medio de mechas (explosivo) o fulminantes que fueron accionados en el momento de la medición.

Las posiciones de medida se determinaron a una distancia mínima de un metro de la fuente, para evitar la influencia de las reflexiones producidas por las paredes y ventanas. Los puntos de mediciones se alejaron a 1 metro de estas superficies. La separación entre ellos fue mínimo de dos metros y la altura a la que fue ubicado el instrumento de medición fue de 1 metro y medio. Se realisó una medición con 6 posiciones diferentes de micrófono la forma de distribución del instrumento de medición es tal como se muestra a continuación:

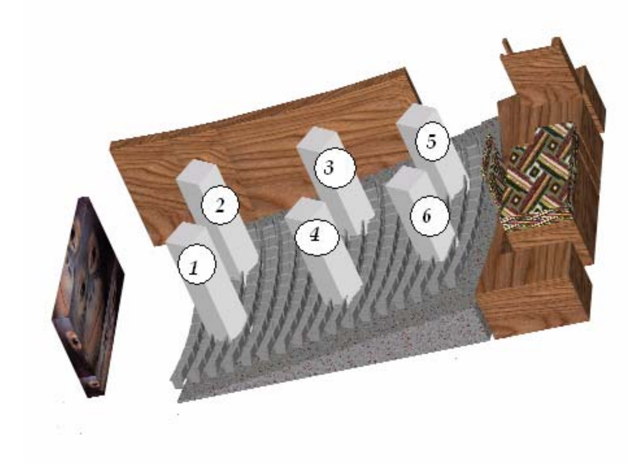


Figura 6. Ubicación del micrófono de medición (postes en medio de la silletería)

Los instrumentos utilizados en esta medición fueron: un portátil en el cual se instalo el programa Dirac 2.0 y que se empleó para recibir la información de la señal para estimular el sistema. Un sistema de fulminantes para emitir la señal, un micrófono ECM 8000 y una consola Behringer para captar la respuesta del recinto. Las especificaciones de los equipos utilizados se muestran a continuación:

Se utilizo un sonómetro de marca svan943 el cual es un medidor de niveles de presión sonora en tiempo real que actúa por bandas de 1 y 1/3 de octava con su respectivo micrófono (MI17 electret microphone), polarizado a 0 voltios según el manual del usuario, la sensibilidad del micrófono esta en función de la temperatura y la humedad. Este tiene una medida de menos de 1/2 "de diámetro como indica la norma. No se utilizo grabadora en esta medición.

Una vez finalizada la medición se procedió al análisis los datos obtenidos, para ello se utilizo el software Dirac 2.0, los datos fueron clasificados en las seis posiciones usadas y sus tres respectivas posiciones de fuente y fueron analizadas en banda de una octava. Cada medición en cada frecuencia fue analizada por medio de la grafica obtenida en el software, y se halló el tiempo de reverberación para cada frecuencia de las tres mediciones de cada una de las posiciones de la fuente antes mencionadas. Una vez realizado este análisis para todas las mediciones hechas, se procedió a obtener un promedio de las tres mediciones por cada posición en diferentes bandas de octava. El resultado de este proceso arrojó como resultado el tiempo de reverberación T10, T20, T30 promedio para cada banda de octava, así como el C80, D50 y Ts

Tabla 4. Resultados por banda de frecuencia

	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
EDT	1,16	0,89	0,95	0,85	0,83	0,75
T10	0,77	0,57	0,53	0,53	0,5	0,47
T20	3,21	1,01	0,58	0,68	0,77	1,6
T30	-1	-0,37	0,89	2,26	2,94	3,7
C80	0,28	0,27	0,37	0,42	0,44	0,47
D50	115,44	93,68	83,67	72,72	68,53	62,41
Ts	1,16	0,89	0,95	0,85	0,83	0,75

3. Problemas acústicos dentro del recinto

3.1 Tiempo de reverberación

De acuerdo con los estándares internacionales de tiempo de reverberación para salas de cine, el tiempo de reverberación dentro de la sala se encuentra por encima de estos parámetros al menos en 0,6 segundos especialmente en bajas frecuencias, mientras que en los canales de la voz entre 800 Hz y 2,5 KHz se encuentra por encima de los estándares en alrededor de 0.4 segundos, afectando la inteligibilidad de la palabra al momento de la proyección de una película.

3.2 Alto ruido de fondo

Se presenta un alto ruido de fondo dentro de la sala de cine y en especial en horas de la tarde, cuando esta se encuentra en funcionamiento. Se presenta en promedio un ruido de fondo de 54 dB, esto se debe a que en el recinto no se encuentran puertas que cierren los accesos a las sala y esta recibe el ruido que proviene directamente de la calle 22 en donde se

presenta alto tránsito automotor. Este sobrepasa ampliamente la recomendación THX de tener un NC 25 en salas de cine.

3.3 Aislamiento de la cabina de proyección

Los equipos de proyección ubicados dentro de la cabina de proyección generan ruido hacia el interior de la sala aumentando el ruido de fondo. Esto se debe al bajo aislamiento de las paredes de la cabina de proyección.

4 Modificaciones propuestas

A partir de los problemas acústicos y electro acústicos hallados, se plantean las siguientes soluciones.

4.1 Tiempo de reverberación

4.1.1 Paredes

Las paredes del cine club están cubiertas por una tela que tienen una pobre absorción. Se propone cambiar este revestimiento por otro material, como la lana de Roca en cojín, cuyo coeficiente de absorción es

Tabla 5. Coeficiente de absorción del material

125	250	500	1000	2000	4000
0,6	0,85	0,7	0,7	0,85	0,85

4.1.2 Puertas y accesos

En materia de aislamiento se recomienda la construcción de puertas en los accesos a la sala ya que estos se encuentran libres, y por ellos se filtran ruidos molestos al interior de la sala provenientes de la calle 22 la cual es muy transitada en horas de proyección. Para ello se recomienda usar las puertas aislantes que se utilizan en la mayoría de salas de cine. Se propone la instalación de puertas que permitan una absorción alta en bajas frecuencias y no tan alta en frecuencias superiores, 2.000 KHz, para controlar la curva de tiempo de reverberación y mantenerla según los estándares pares salas de cine. Se plantean puertas en madera de 3 cm con 5 cm de cámara rellena de fibra de vidrio, estas puertas serán colocadas en ambos accesos a la sala, cuyo coeficiente de absorción se muestra a continuación:

Tabla 6. Coeficiente de absorción del material

125	250	500	1000	2000	4000
0,61	0,65	0,24	0,12	0,1	0,06

4.1.3 Cielo raso

En el cielo raso se encuentran paneles de fibra de vidrio. Si se cambian estos paneles por techo acústico perforado con fibra de vidrio la absorción aumentará en estas superficies, dado el coeficiente de absorción que se muestra a continuación:

Tabla 7. Coeficiente de absorción del material

125	250	500	1000	2000	4000
0,65	0,61	0,8	0,95	0,92	0,92

4.2 Nuevo tiempo de reverberación

En base al tiempo de reverberación teórico y las tablas hechas en Excel para hallarlo, se cambiaron los materiales existentes por los materiales propuestos y se encontró que la absorción producida por estos ayuda a disminuir el tiempo de reverberación, para llevarlo a los estándares para salas de cine. El nuevo tiempo de reverberación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Nuevo tiempo de reverberación

125	250	500	1000	2000	4000	
0,484	0,302	0,33	0,25	0,22	0,22	
RT PROMEDIO				0,3		

Se logra que el tiempo de reverberación con estos materiales disminuya, y que la sala resultante se bastante “seca”, lo que permite una mejor distribución del sonido por parte de de los altavoces ubicados en el recinto.

4.3 Ruido de fondo

El ruido de fondo en la sala es excesivo y se puede disminuir con la instalación de las puertas ya propuestas, impidiendo que el ruido generado en la calle entre al recinto.

4.3.1 Aislamiento de la cabina de proyección

Para el aislamiento del ruido generado por las maquinas de proyección se pensaron varias propuestas, pero debido a la construcción de la cabina no se puede construir una pared nueva que aísle el ruido de la cabina, tampoco se puede modificar el vidrio que separa los lentes de las maquinas de la sala de cine, por tanto la única solución posible es retirar la puerta en madera que existe y colocar una puerta acústica que aísle el sonido de la sala de proyección. Se propone el uso del mismo tipo de puerta acústica que se desea utilizar en las entradas a la sala.

4.4 Otras propuestas

4.4.1 Pantalla principal

En la parte posterior de la pantalla principal del cine club sala fundadores se encuentran los parlantes que envían el sonido hacia la parte delantera en donde se ubica el publico. Pero estos parlantes se encuentras delante de una pared de concreto y detrás de la pantalla de proyección. Como se puede ver en la figura 7 la posición de los parlantes es incorrecta ya que de esta manera el bafle irradia sonido que no puede ser controlado y es irradiado en varias direcciones, e produciendo una débil imagen del sonido.

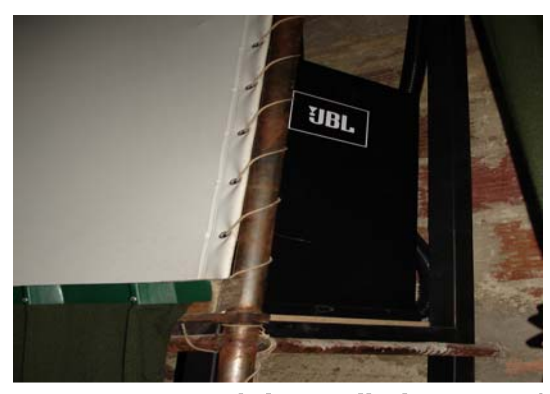


Figura 7. Parte posterior de la pantalla de proyección

Para evitar esto las recomendaciones THX proponen que detrás de la pantalla se utilice lo que se llama bafle infinito en el cual se aprovecha la separación de la cara delantera del parlante y la posterior por medio de una pared, para así controlar el sonido detrás de la pantalla proyectando el mismo hacia la audiencia. Esta es una de las primeras recomendaciones para el cambio estructural en la sala fundadores

4.4.2 Silletería

Las recomendaciones THX exigen que las sillas de la sala tengan una anchura de alrededor de 50 cm y una separación entre filas de 90 cm, así mismo las filas deben tener una pequeña curvatura que permite que cada silla sin importar en donde se encuentre en la sala tenga un buen ángulo de visión hacia el centro de la pantalla de proyección. De la misma manera que las paredes las sillas deben tener o estar recubiertas de material absorbente.

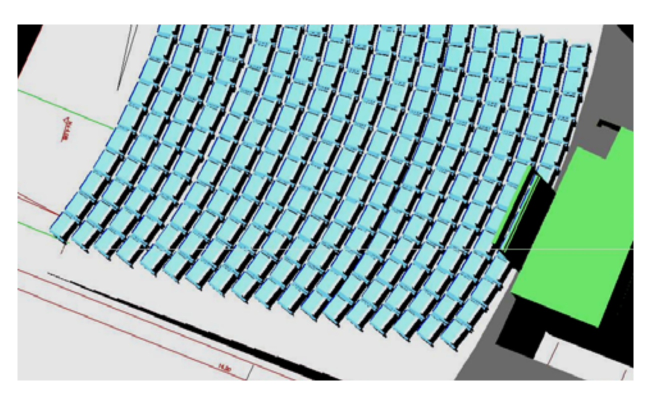


Figura 8. Arreglo propuesto para la silletería

4.4.3 Paredes laterales

Las paredes laterales deben tener una cámara de 5 cm y rellenas de material aislante. Así mismo la pared posterior debe tener también una cámara y el material aislante de este debe ser de al menos 5 cm de grosor. La cabina de proyección también debe estar recubierta con material aislante para evitar que el ruido producido dentro de esta se filtre hacia la sala molestando a los asistentes que es encuentran ubicados en las sillas de la parte posterior de la sala.

4.4.4 Posición de los parlantes

Las recomendaciones THX son claras con respecto a la posición de los parlantes, los cuales deben disponerse a lo largo de las paredes laterales, en la posterior y detrás de la pantalla de proyección.



Figura 9. Posición actual de los parlantes

5. Conclusiones

Con la implementación de las anteriores reformas al interior de la sala se obtendrá un mejor comportamiento acústico, acorde con los estándares internacionales. Igualmente se logrará brindar a los asistentes una mejor calidad sonora, la cual contribuirá con el desarrollo de la cultura en nuestra ciudad ya que como se ha mencionado anteriormente esta sala de proyección es una de las más importantes salas de cine arte de la ciudad.

6. Referencias

IRAM 4063-4:2002

THX